

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平2-126625

⑬ Int.Cl.⁵

H 01 L 21/02
21/20
21/304

識別記号

B 7454-5F
7739-5F
8831-5F※

庁内整理番号

3 2 1 Z

⑭ 公開 平成2年(1990)5月15日

審査請求 未請求 請求項の数 5 (全7頁)

⑮ 発明の名称 半導体ウエーハ接合方法

⑯ 特 願 昭63-280055

⑰ 出 願 昭63(1988)11月5日

⑱ 発 明 者 中 野 正 己 群馬県安中市磯部2丁目13番1号 信越半導体株式会社半
導体研究所内
⑱ 発 明 者 阿 部 孝 夫 群馬県安中市磯部2丁目13番1号 信越半導体株式会社半
導体研究所内
⑱ 発 明 者 中 里 泰 章 長野県更埴市大字屋代1393番地 長野電子工業株式会社内
⑱ 発 明 者 武 井 時 男 長野県更埴市大字屋代1393番地 長野電子工業株式会社内
⑱ 発 明 者 内 山 敦 雄 長野県更埴市大字屋代1393番地 長野電子工業株式会社内
⑲ 出 願 人 信越半導体株式会社 東京都千代田区丸の内1丁目4番2号
⑲ 出 願 人 長野電子工業株式会社 長野県更埴市大字屋代1393番地
⑳ 代 理 人 弁理士 松本 眞吉

最終頁に続く

明 細 書

1. 発明の名称

半導体ウエーハ接合方法

2. 特許請求の範囲

1). 鏡面研磨された2枚の半導体ウエーハの該鏡面を相互に密着させて両半導体ウエーハを接合させる半導体ウエーハ接合方法において、

鏡面研磨により該鏡面の表面粗さを中心線平均粗さ0.5nm以下にした半導体ウエーハを接合させることを特徴とする半導体ウエーハ接合方法。

2). 前記2枚の半導体ウエーハは、シリコンウエーハ若しくは化合物半導体ウエーハの何れか一方、又は、これらの組み合わせであることを特徴とする請求項1記載の方法。

3). 前記2枚の化合物半導体ウエーハは、同種又は異種のウエーハであることを特徴とする請求項2記載の半導体ウエーハ接合方法。

4). 前記2枚の化合物半導体ウエーハは同種であつて、組成比が同一又は異なるウエーハであること

を特徴とする請求項3記載の半導体ウエーハ接合方法。

5). 鏡面研磨されかつ該鏡面の一方又は両方が酸化された2枚のシリコンウエーハの該鏡面を相互に密着させて両シリコンウエーハを接合させるシリコンウエーハ接合方法において、

鏡面研磨により該鏡面の表面粗さを中心線平均粗さ表示で0.5nm以下にしたシリコンウエーハを接合させることを特徴とするシリコンウエーハ接合方法。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は、鏡面研磨された2枚の半導体ウエーハの該鏡面を、相互に直接または酸化膜を介して接合させる半導体ウエーハ接合方法に関する。

〔従来の技術〕

半導体電子装置の製造における、基体プロセスとしての不純物の導入技術としては、現在熱拡散

Best Available Copy

法及びエピタキシャル成長法などがほぼ技術的に確立されたものとして多用されている。しかし、これらの方法でパワーデバイスを作ろうとすると、熱拡散によるコレクタ拡散あるいはエピタキシャル成長による $100\Omega\text{cm}$ 以上の高抵抗層の形成における技術的な限界があって、高耐圧大容量化に難点がある。

また、特に、半導体集積回路において、個々の素子を誘電体で分離する誘電体分離技術がその寄生容量及び分離耐圧の点で優れているにも拘わらず、基板の反りが大き過ぎるため、製造技術上非常に問題がある。

鏡面研磨された2枚のシリコンウエーハの該鏡面を相互に直接又は酸化膜を介して接合する方法は、従来あまり注目されていなかったが、最近に至って上述したパワーデバイス基板または誘電体分離基板の製法として非常に注目されるようになった。何れの応用についても、上述した従来法の欠点を著しく改善し得る。

かかるシリコンウエーハの接合方法は、上述の

ような目的のための利用を意図したものではないが例えば特公昭39-17869号が開示されている。

現在、シリコンウエーハの接合法としては、鏡面シリコンウエーハを室温空气中で重ね合わせ、これを単に高温例えば 1100°C 、2時間位、酸素/窒素比1/5の雰囲気中で加熱する方法、及び、特に間に酸化膜が介在する場合には張り合わせに際しウエーハ間に直流又は交流電圧を加えてウエーハ間に働く静電吸引力を利用し、更に酸素気流中で加熱する方法がとられている。

シリコンウエーハの接合において技術的な問題点は、2枚の鏡面ウエーハが相対応する接合面において、接合が不十分な未接合部が部分的に現れ通称ボイドを形成することである。かかるボイドの発生を抑えるためにその原因の究明が行われており、原因としてウエーハの表面に付着する塵埃、汚れあるいは傷が考えられ、特に塵埃は、ボイド発生の最大の原因であるとして注目されている。しかし、これらの原因の除去によって完全なボイドの除去はできないことを発明者は実験によって

確かめた。

また、シリコンウエーハの改良接合技術としては、例えば特開昭51-182216号公報に、半導体基板の接合の際の雰囲気として半導体を通過し又は半導体に吸収されやすいガスを使用することにより、ボイドの発生を防止する方法が開示されている。しかし、一度接合面にガスがホールドされると、それらのガスを通過吸収によって除去することは、現実には非常に困難がある。

〔発明が解決しようとする課題〕

本発明の目的は、上記問題点に鑑み、ボイドの発生を実質的にしかも再現性よく除去することができる半導体ウエーハ接合方法を提供することにある。

〔課題を解決するための手段〕

この目的を達成するために、本発明に係る半導体ウエーハ接合方法では、2枚の半導体ウエーハの鏡面の表面粗さを、中心線平均粗さでいずれも

$0.5\mu\text{m}$ 以下にしたものが用いられる。酸化膜を介する場合は、かかる $0.5\mu\text{m}$ 以下の表面粗さの鏡面シリコンウエーハの一方又は両方を酸化したのち接合する。

本発明は、接合される2枚の半導体ウエーハはシリコンウエーハに限られず、シリコンウエーハと化合物半導体ウエーハの組み合わせ、同種又は異種の化合物半導体ウエーハの組み合わせ、或は結晶比が同一又は異なる化合物半導体ウエーハの組み合わせにも適用される。

〔作用〕

半導体ウエーハの直接接合において、その相対する鏡面の表面粗さが小さい方が良いということはその接合の理論的考察から自明のことであるが、従来の半導体ウエーハの接合技術においては、半導体ウエーハの鏡面化に関して特別な配慮が行われず、鏡面が数人のレベルでどの程度の粗さになればボイドの発生が防げられるかどうかについて充分な技術的検討が行われなかった。すなわち、

半導体鏡面ウエーハの面粗さは、 $100 \sim 500 \text{ \AA}$ といわれているが、鏡面粗さは、鏡面化の主流技術であるメカノケミカルポリッシングでどこまで小さくすることができるかについて検討が行われておらず、盲目的に、鏡面といえば理想的なある種の平面を漠然と想定するだけであった。

本発明者は、公知の半導体ウエーハ接合技術を種々検討したが、いずれも満足な結果が得られず、更に研究を進めたところ、半導体ウエーハの相対する鏡面または酸化膜形成前の鏡面の粗さが接合面の接合に著しく影響し、その鏡面の粗さを平均中心粗さ表示で 0.5 nm (5 \AA) 以下にするとボイドフリーの接合ができることを発見して本発明に到達した。

このような鏡面シリコンウエーハの接合に際しては必ずしもホットプレスを行う必要はなく、単に両鏡面を軽く接触し、指で挟む程度の圧力を加えれば完全な接合が行われる。また、2枚のウエーハの中心部により多くの圧力がかかるように、あるいは重ね合わせた後、中心から外方に圧力を

加えることにより、内部に雰囲気ガスがトラップされることを容易に避けることができる。多少残っていても後の加熱工程でこれを除くことができる。空気中で重ね合わせが行われた場合、内部にトラップされるガス組成は空気であるので、僅かなトラップガスとウエーハのバルクの中に吸収拡散される。

このようにして、接合面は一種の真空状態となるので接合面にはウエーハ接合体の外表面を介して大気圧が加わり、従来のようにホットプレスをしなくとも接合が進行し、理想的なモノリシック状態となる。

この接合後、無加圧状態で加熱するとより強固な接合となる。この接合強さは、引っ張り強さを測定したところ 150 kg/cm^2 を超えることがわかった。これは $\langle 100 \rangle$ 方向のバルクのそれにほぼ等しい。かかるウエーハを数 mm 角に切断したところ剥離はなく、シリコンデバイスの製作工程における熱サイクルを加えても、接合ウエーハの接合面の剥離はなく、引っ張り強さの低下もなかった。これによって、シリコンデバイスのバルク中のモノ

リシックな接合と等価であることがわかった。

ここで、本発明者は、半導体ウエーハのボイド検査方法として種々検討したが、X線回折法を用いるのが極めて有効であることを知見した。従来のボイド検査方法としては赤外線透過方法、超音波探傷方法及び破壊検査方法がある。この赤外線透過方法は非破壊方法である点で好ましいが、X線回折法との比較では、致命的に劣った方法であることが判った。すなわち、赤外線透過方法でボイドがないと判定されたウエーハをX線回折法で検査すれば、依然としてボイドが残存している場合がしばしばあるためである。この理由は、X線回折法の場合には接合が行われると、そこで必ず一次的に結晶の歪みが生じ、この歪みをX線法で検知するためであると考えられる。

そこで、本発明者はさらにX線回折法によってウエーハの全接合面を調べ、ボイドが形成されていないことを確かめた。そしてさらに、シリコンウエーハの鏡面の粗さが大きく例えば上記表示で 0.7 nm を超えるとしばしばボイドの発生があり、

デバイスの熱サイクル工程に入れると更にボイドの成長や部分的な剥離が見られることを確かめた。

半導体ウエーハの表面粗さが何故 0.5 nm 以下になると接合が良好であり、モノリシックと同じ性質を示し得るかについては究明が進んでいないが、微粉末成型の際と同様に、表面近傍の原子の再配列が起こるためと考えられる。

酸化膜を介したシリコンウエーハの接合は、一方又は両方のシリコンウエーハ表面を熱酸化して、 $1 \mu\text{m}$ 以下の熱酸化膜を形成させ、次いでこれらを重ね合わせ、更に交流又は直流で静電圧を印加し接合する。

この表面粗さも、酸化膜形成前の鏡面ウエーハの面粗さが中心線平均粗さ表示で約 0.5 nm を超えると、接合がボイドのために不完全になる。この場合の接合理由は、シリコンウエーハを直接接合する場合と異なって、その大部分がシリカ構造、即ち Si-O-Si の結合が界面に形成されるためと考えられている。もともと熱酸化膜の表面は、 Si 又は O の未結合手が残存しているわけで、これらが接

合の原因となる。

シリコンウエーハと化合物半導体との間の接合、または化合物半導体同志のそれについてもほぼシリコンウエーハ同志のそれと同様であって、いずれもその表面粗さを0.5nm以下にすることが接合における必要條件となる。化合物半導体の化学組成が元素或はその混晶比で異なる場合でも上記同様である。結晶構造やその格子間隔が異なる場合には、その接合物に結晶的な乱れがあるのは当然であるが、本発明によればボイドフリーでしかも結晶的乱れを最小にすることがあてできる。結晶構造及び格子間隔が異なる接合面では、数nmレベルのアモルファス層が部分的に形成されるが、実用的には電気抵抗値の異常な変化がなく、またオーミック性が保持される。

[実施例]

以下、本発明の実施例をシリコンウエーハの接合について説明する。

(1) 直接接合

パッドは研磨布として市販されている商品名シーガル7455、第1レース株式会社製、研磨液は商品名GC3250、不土見研磨材株式会社製を用いた。表面粗さの測定は、本案においてはその精度及びその表現方法が極めて重要になる。そこで、表面高さ方向分解能3Å、水平方向分解能1.0μmで中心線平均粗さを測定可能な、光学的位相シフト干渉法を用いたワイコーコーオポレーション(WYKO CORPORATION)製、型式TOPO-3D、対物レンズの倍率40を選定して用いた。この測定装置を用い、上記ウエーハA～Dの表面粗さを各ウエーハについて、中心で直交する2直線上の該中心から(半径)/2離れた位置及び該中心の5領域(1領域は0.25mm×0.25mm)について測定しその平均値を求めた。

表面粗さとボイド発生との関係を明らかにするために、上記ウエーハA～Dのすべての組合わせ(AA、AB、AC、AD、BB、BC、BD、CC、CD、DD)について鏡面を相互に密着させ、次にN₂雰囲気中で1100℃、120分間熱処理を行うことにより接合ウエーハを作成した。次にボイド検査

最初に酸化膜を介しない接合について説明する。試料として、P型<100>結晶、直径125mm、厚さ約500μm、抵抗率8Ωcmのシリコンウエーハを16枚用意し、研磨圧力、研磨速度を下表1に示すように調節し、メカニカルポリッシングを行って下表2の如く表面粗さの異なるシリコンウエーハA～Dを各々4枚作成した。

表1

	研磨圧力(g/cm ²)	研磨速度(μm/min)
A	340	0.80
B	260	0.68
C	180	0.32
D	100	0.01

表2

ウエーハ	中心線平均粗さ(nm)
A	0.73
B	0.57
C	0.45
D	0.37

研磨機は市販のそれと原理構造は同一で、研磨

を行った。

ここで、従来のボイド検査のように赤外透過法を用いたのでは、赤外線波長による制限により、結晶格子間隔に比し極めて大きな値である0.1μm程度以下の厚さのボイドを検査することができない。

そこで、本発明者はラング・カメラを用いてボイド検査を行った。このラング・カメラは、理學電機株式会社製、コンピュータ制御トポグラフィメーキングシステムである。使用した特性X線は、MoK_α線であり、設定した反射結晶面は(2,2,0)である。このラング・カメラによれば、原理的にはほぼ原子レベルの厚さのボイドを検出することができ、ボイド検査には充分である。

第1図(AA)～(DD)はそれぞれ上記組合わせAA～DDについてのラング・カメラによるX線写真を示す。

ボイドの全面積は、AA>AB>BB>AC>AD>BC>BD>CCの順になっていることが明らかである。また、組合わせCC、CD、DDに

についてはボイドが無く、他の組合せに比し著しく良好であることが明らかである。

このことから、鏡面に酸化膜を形成せずに行う場合には、鏡面粗さを中心線平均粗さ $0.45\mu\text{m}$ 以下にすることが、ボイドを無くすることによって極めて重要であることがわかる。

ボイドを再現性よく無くするための鏡面粗さの限界を調べるために、さらに細かく鏡面粗さを変化させてボイド検査を行ったところ、この限界は中心線平均粗さ表示で $0.5\mu\text{m}$ であることがわかった。

(2) 酸化膜を介した接合

次に、2枚のシリコンウエーハ鏡面に酸化膜を形成した後、両者を接合した場合について説明する。

試料として上記ウエーハと同一のものを用い、各組の両ウエーハに $1\mu\text{m}$ の熱酸化膜を形成し、上記同一の組合せの接合ウエーハを作成してボイド検査を行った。

結果は、鏡面粗さを中心線平均粗さ表示で $0.5\mu\text{m}$

μm 以下にすると、 $0.5\mu\text{m}$ 以上では多数存在したボイドが上記同様に再現性よくほぼ消失し、 $0.5\mu\text{m}$ 以下にすることがボイドをなくすることによって極めて重要であることがわかった。

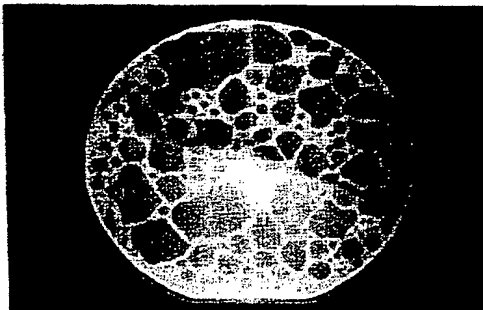
〔発明の効果〕

以上説明した如く、本発明に係る半導体ウエーハ接合方法によれば、ボイドが再現性よく実質的に消失するという優れた効果を奏し、半導体集積回路の高集積化及び歩留の向上に寄与するところが大い。

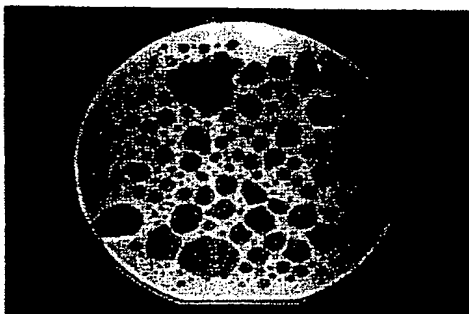
4. 図面の簡単な説明

第1図乃至第10図はラング・カメラによる接合ウエーハのX線写真である。

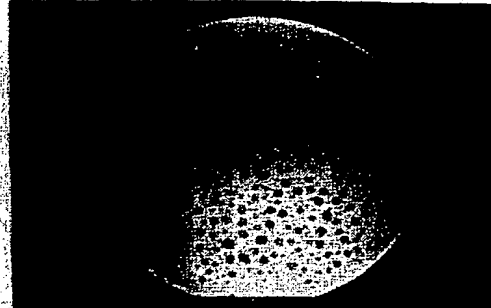
出願人 信越半導体株式会社
代理人 弁理士 松本 真吉



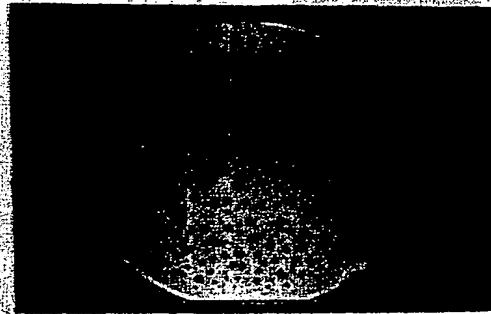
第 1 図(AA)



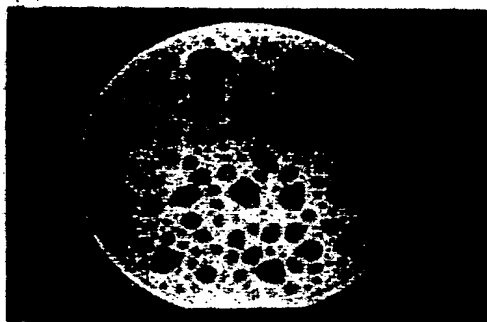
第 2 図(AB)



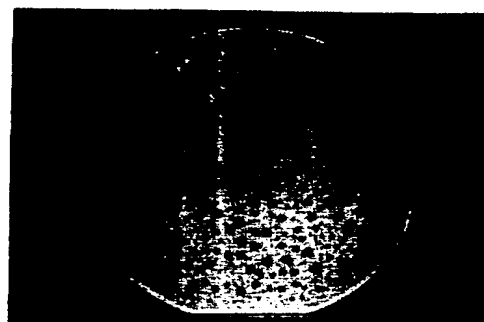
第 3 図(AC)



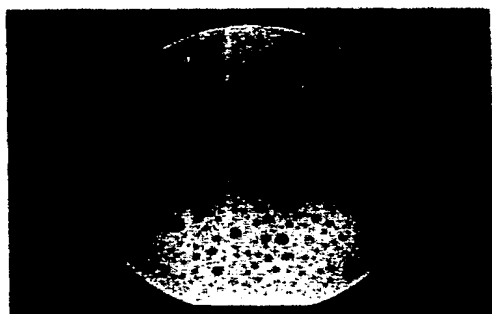
第 4 図(AD)



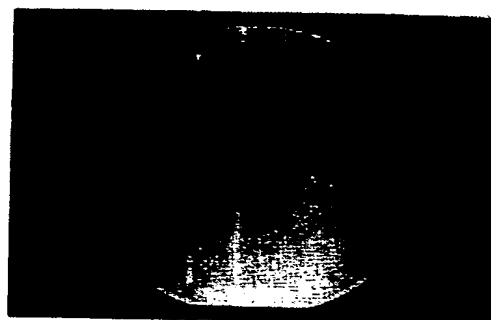
第 5 図(BB)



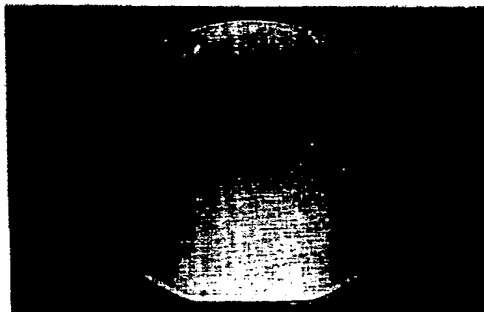
第 7 図(BD)



第 6 図(BC)



第 8 図(CC)



第 9 図(CD)



第 10 図(DD)

第1頁の続き

⑤Int.Cl.⁵

H 01 L 21/52
21/76

識別記号

庁内整理番号

C 8728-5F
J 7638-5F
D 7638-5F

⑦発 明 者 吉 沢 克 夫 長野県更埴市大字屋代1393番地 長野電子工業株式会社内

This page blank (uspto)

THIS PAGE BLANK (USPTO)



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **02126625 A**(43) Date of publication of application: **15.05.90**

(51) Int. Cl.

H01L 21/02
H01L 21/20
H01L 21/304
H01L 21/52
H01L 21/76

(21) Application number: **63280055**(22) Date of filing: **05.11.88**(71) Applicant: **SHIN ETSU HANDOTAI CO
LTDNAGANO DENSHI KOGYO KK**(72) Inventor: **NAKANO MASAMI
ABE TAKAO
NAKAZATO YASUAKI
TAKEI TOKIO
UCHIYAMA ATSUO
YOSHIZAWA KATSUO****(54) JUNCTION OF SEMICONDUCTOR WAFER****(57) Abstract:**

PURPOSE: To make voids substantially disappear with high reproducibility and improve the high integration of a semiconductor IC as well as the yield of such integrated circuits by joining semiconductor wafers which are made to have roughness of each mirror face that is less than 0.5nm or below at a center line average height by polishing the mirror face.

CONSTITUTION: Two sheets of semiconductor wafers which are made to have roughness of each mirror face that is less than 0.5nm or below at a center line average height are used in a joining system of the semiconductor wafers. When this system is performed through oxide films, one or both sides of the mirror

face of a silicon wafer having the roughness of each mirror face that is less than 0.5nm or below at a center line average height is oxidized and then the wafers are joined. If both mirror faces are made to come into contact with each other and slight pressure produced by holding two faces with fingers is applied, its joining is performed completely. However, after a mirror face is put on top of the other mirror face of each wafer, addition of pressure from center to outside prevents easily atmospheric gases from being trapped inside the wafer. Even though a slight amount of its gas remains, it is removed by a subsequent heating process. If heated in a state where no pressure is applied after joining them, its heating renders its junction more firm.

COPYRIGHT: (C)1990,JPO&Japio

This Page Blank (uspto)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

This Page Blank (uspto)